

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-145004

(43)Date of publication of application : 29.05.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
H01L 33/00

(21)Application number : 08-311441

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD  
AKASAKI ISAMU  
AMANO HIROSHI  
KAGAKU GIJUTSU SHINKO JIGYODAN

(22)Date of filing : 06.11.1996

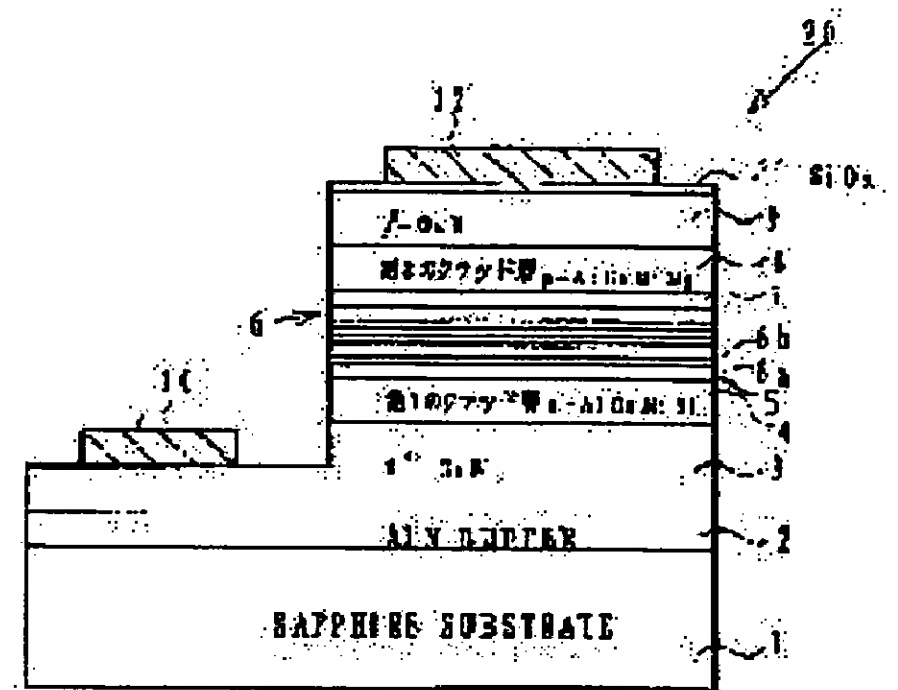
(72)Inventor : KOIKE MASAYOSHI  
NAGAI SEIJI  
YAMAZAKI SHIRO  
HIRAMATSU TOSHIO  
AKASAKI ISAMU  
AMANO HIROSHI

## (54) GAN SYSTEM LIGHT EMITTING ELEMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a GaN based light emitting element which has a high confinement effect for carriers injected into a light emitting layer and is hard to develop cracks.

**SOLUTION:** A light emitting element is provided with a substrate 1, a light emitting layer 5, a first clad layer 3 and a second clad layer 7 which are so arranged as to sandwich the light emitting layer 5, and stopper layers 5 and 6 which are provided between the light emitting layer 5 and the first and second clad layers 3 and 7 and which prevent transmittance of carriers. Composition of Al in the stopper layer 6, its film thickness and composition of Al in the clad layer 7, its film thickness are properly regulated. For example the second stopper layer 6 is formed as  $\text{AlX}_2\text{Ga}_{1-\text{X}}\text{N}$ :  $\text{X}_2=0.1$  to  $0.5$ , the thickness is made to be 10 to 50nm, the second clad layer 7 is formed as  $\text{AlY}_2\text{Ga}_{1-\text{Y}}\text{N}$ :  $\text{Y}_2=0$  to  $0.15$  and the thickness is made to be 100 to 1000nm.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.04.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

## [Claim(s)]

[Claim 1] It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. A substrate and a luminous layer, The cladding layer of n conduction type arranged as sandwiched said luminous layer, and the cladding layer of p conduction type, The stopper layer in which it is the stopper layer formed between said luminous layers and cladding layers of said p conduction type, and, as for this stopper layer, the carrier in said luminous layer prevents passing through this substantially, Said stopper layer consists of  $\text{AlX}_2\text{Ga}_{1-X_2}$  N:  $X_2=0.1-0.5$  in \*\*\*\*\*, And it is the GaN system light emitting device which thickness is 10-50nm, and the cladding layer of said p conduction type consists of  $\text{AlY}_2\text{Ga}_{1-Y_2}$  N:  $Y_2=0-0.15$ , and is characterized by what the thickness is 100-1000nm.

[Claim 2] Other stopper layers are formed between said luminous layers and cladding layers of said n conduction type. These other stopper layers consist of  $\text{AlX}_1\text{Ga}_{1-X_1}$  N:  $X_1=0.1-0.5$ . And it is the GaN system light emitting device according to claim 1 which thickness is 10-50nm, and the cladding layer of said n conduction type consists of  $\text{AlY}_1\text{Ga}_{1-Y_1}$  N:  $Y_1=0-0.15$ , and is characterized by the thickness being 100-1000nm.

[Claim 3] Said each stopper layer is a GaN system light emitting device according to claim 1 or 2 characterized by being formed in contact with said luminous layer.

[Claim 4] The GaN system light emitting device according to claim 1 to 3 characterized by preparing the 1st guide layer and the 2nd guide layer, respectively between said luminous layer and cladding layer of said n conduction type, and the cladding layer of p conduction type.

[Claim 5] It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. A substrate and a luminous layer, The 1st cladding layer and 2nd cladding layer which have been arranged as sandwiched said luminous layer, It is the stopper layer formed between said luminous layer and said 1st cladding layer or in either [ at least ] between said luminous layer and said 2nd cladding layer. The stopper layer in which, as for this stopper layer, the carrier in said luminous layer prevents passing through this substantially, Said stopper layer consists of  $\text{AlXGa}_{1-X}$  in \*\*\*\*\*, however the presentation X of aluminum is the largest in the part nearest to said luminous layer. the part which will be left from now on and which was alike, followed, decreased gradually and is most separated from said luminous layer — the presentation X — the presentation (0 is included) of aluminum of a cladding layer — substantial — etc. — the GaN system light emitting device which spreads and is characterized by the thickness being 10-100nm. .

[Claim 6] It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. A substrate and a luminous layer, The 1st cladding layer and 2nd cladding layer which have been arranged as sandwiched said luminous layer, The guide layer prepared, respectively between said luminous layer and said 1st cladding layer, and said 2nd cladding layer, It is the stopper layer formed between said luminous layer and said 1st guide layer or in either [ at least ] between said luminous layer and said 2nd guide layer. The stopper layer in which, as for this stopper layer, the carrier in said luminous layer prevents passing through this substantially, Said stopper layer consists of  $\text{AlXGa}_{1-X}$  in \*\*\*\*\*, however the presentation X of aluminum is the largest in the part nearest to said luminous layer. the part which will be left from now on and which was alike, followed, decreased gradually and is most separated from said luminous layer — the presentation X — the presentation (0 is included) of aluminum of a guide layer — substantial — etc. — the GaN system light emitting device which spreads and is characterized by the thickness being 10-100nm.

[Claim 7] The presentation of aluminum in said stopper layer is a GaN system light emitting device according to claim 5 or 6 characterized by gradually decreasing continuously.

[Claim 8] The presentation of aluminum in said stopper layer is a GaN system light emitting device according to claim 5 or 6 characterized by gradually decreasing stair-like.

[Claim 9] It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. A substrate and a luminous layer, The 1st cladding layer and 2nd cladding layer which have been arranged as sandwiched said luminous layer, It is the stopper layer formed between said luminous layer and said 1st cladding layer or in either [ at least ] between said luminous layer and said 2nd cladding layer. The stopper layer in which, as for this stopper layer, the carrier in said luminous layer prevents passing through this substantially, The 2nd stopper layer which turns into the 1st stopper layer which said stopper layer becomes from  $\text{AlX}_1\text{Ga}_{1-X_1}$  N:  $X_1=0.1-0.5$  in \*\*\*\*\*, from  $\text{AlX}_2\text{Ga}_{1-X_2}$  N:  $X_2=0-0.2$ , however the GaN system light emitting device characterized by coming to carry out the laminating of  $X_1 > X_2$ .

[Claim 10] The GaN system light emitting device according to claim 9 characterized by preparing the guide layer, respectively between said luminous layer and said 1st cladding layer, and said 2nd cladding layer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the light emitting device formed with the GaN system compound semiconductor. This semi-conductor light emitting device can be used as a laser diode or light emitting diode.

[0002]

[Description of the Prior Art] The thing using the compound semiconductor as a light emitting device of a light short wavelength field is known. Especially, since a GaN system compound semiconductor emits light in the blue whose luminous efficiency is one [ high and ] in three primary colors of the light since it is a direct transition mold, it attracts attention especially these days.

[0003] By the light emitting device of a GaN system, the carrier poured into the luminous layer closed and eye \*\* was performed by the 1st cladding layer and 2nd cladding layer which are formed so that the luminous layer concerned may be inserted. However, if the amount of carrier injections to a luminous layer increases like semiconductor laser, the function which a higher carrier confines in a cladding layer will be required.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order for the carrier by the cladding layer to shut up and to raise a function, it is possible to form a cladding layer with an ingredient with more wide forbidden-band width of face (band gap). In order to make forbidden-band width of face large, it is possible to enlarge the presentation of aluminum (aluminum) with a GaN system compound semiconductor.

[0005] However, in order to make the presentation ratio of aluminum high and to secure optical confinement enough, when the cladding layer was thickened according to examination of this invention persons, it turned out that distortion becomes large and a crack becomes easy to go into a growth phase. Then, this invention aims at the locked-in effect to a carrier offering highly the GaN system light emitting device which the crack made it hard to go into a cladding layer.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention is what attains the above-mentioned purpose. That configuration It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. A substrate and a luminous layer, The cladding layer of n conduction type arranged as sandwiched said luminous layer, and the cladding layer of p conduction type, The stopper layer in which it is the stopper layer formed between said luminous layers and cladding layers of said p conduction type, and, as for this stopper layer, the carrier in said luminous layer prevents passing through this substantially, Said stopper layer consists of  $\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2}\text{N}$ : $X2=0.1-0.5$  in \*\*\*\*\*, And thickness is 10-50nm, and the cladding layer of said p conduction type consists of  $\text{Al}_{Y2}\text{Ga}_{1-Y2}\text{N}$ : $Y2=0-0.15$ , and it is characterized by the thickness being 100-1000nm.

[0007]

[Function and Effect of the Invention] Since a presentation and thickness of a stopper layer and the cladding layer of p conduction type are adjusted suitably, the locked-in effect to the carrier (electron) poured into the luminous layer is high, and a crack stops thus, almost going into a growth phase according to the constituted light emitting device.

[0008] Since a presentation and thickness of other stopper layers and the cladding layer of n conduction type are adjusted suitably, the locked-in effect to the carrier (hole) poured into the luminous layer is high, and a crack stops almost going into a growth phase according to invention according to claim 2.

[0009] According to invention according to claim 3, since the stopper layer is in contact with the luminous layer, a carrier closes and eye \*\* can be performed efficiently.

[0010] According to invention according to claim 4, since a guide layer is prepared, the thickness of the layer which shuts up light becomes large and serves as the configuration of having been suitable for the laser component.

[0011] According to invention according to claim 5 to 8, since the presentation of aluminum in a stopper layer was changed gradually, the stress to a stopper layer will be eased and absorbed and it is harder coming to generate a crack.

[0012] According to invention given in claims 9 and 10, since a stopper layer consists of two or more layers, the stress to a stopper layer will be eased and absorbed and it is harder coming to generate generating of a crack.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is further explained to a detail based on an example.

The semi-conductor light emitting device of the example of the 1st \*\*\*\*\* is a laser diode. Drawing 1 is the sectional view of the laser diode 20 of an example. This laser diode 20 is the configuration of having grown up a buffer layer 2, n contact layer 3, the 1st cladding layer 4, the 1st stopper layer 5, a luminous layer 6, the 2nd stopper layer 7, and the 2nd

- cladding layer 8 into up to the substrate 1 in order. p contact layer 9 is formed in the top face of the 2nd cladding layer 8.
- [0014] The spec. of each semi-conductor layer is as follows.  
 Semi-conductor layer : Presentation: Dopant (thickness)  
 Buffer layer 2 : AlN (50nm) n contact layer 3 : n+-Ga<sub>0.92</sub>N<sub>0.08</sub>Si (4.0 micrometers)  
 The 1st cladding layer 4: n-aluminum<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>N:Si (1 micrometer)  
 1st stopper layer 5: n-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N:Si (20nm)  
 Luminous layer 6 Quantum well layer 6a: In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N (50nm) Barrier layer 6b : GaN (50nm)  
 number [ of a quantum well layer and a barrier layer ] of repeats: — 5 — 2nd stopper layer 7: p-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N:Mg (20nm)  
 The 2nd cladding layer 8: p-aluminum<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>N:Mg (1 micrometer)  
 p contact layer 9 : p+-Ga<sub>0.92</sub>N<sub>0.08</sub>Mg (200nm)
- [0015] In addition, a substrate 1 is a product made from sapphire, and is prepared as follows. The susceptor in the gaseous-phase-reaction equipment which does not illustrate the single crystal sapphire plate which makes a principal plane the a-th page washed by organic washing and heat treatment is equipped. Next, it is H<sub>2</sub> at ordinary pressure Rate-of-flow 2 liter/min Silicon on sapphire is baked for 30 minutes at the temperature of 1000 degrees C with a sink to a reactor.
- [0016] In the above, a buffer layer 2 can be formed with the amorphous compound semiconductor expressed with general formula Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N (refer to JP,2-229476,A).
- [0017] The 1st cladding layer 4 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula Al<sub>Y1</sub>Ga<sub>1-Y1</sub>N:Y1=0-0.15 of n conduction type. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 100-1000nm.
- [0018] The 1st stopper layer 5 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula Al<sub>X1</sub>Ga<sub>1-X1</sub>N:X1=0.1-0.5. If the presentation X1 of aluminum does not fulfill 0.1, forbidden-band width of face becomes narrow, and the effectiveness of eye carrier \*\*\*\*\* becomes less enough. If the presentation X1 of aluminum exceeds 0.5, it will become easy to produce a crack. Moreover, the thickness may be 10-50nm. If the thickness of the 1st stopper layer 5 does not fulfill 10nm, the effectiveness of eye carrier \*\*\*\*\* becomes less enough. If the thickness exceeds 50nm, it will become easy to produce a crack. This 1st stopper layer 5 prevents that a hole leaks and comes out from a luminous layer 6. Since a hole is comparatively fully shut up also with the ingredient of the 1st cladding layer 4, when the electrical potential difference of rating impressed to a component 20 is small, this 1st stopper layer 5 can be omitted.
- [0019] A luminous layer 6 is not limited to the thing of the MQW mold of illustration, but can use the thing of a SQW mold and a bulk mold etc. \*\* [ in a quantum well layer and a barrier layer, it may dope an intentional impurity ]
- [0020] The 2nd stopper layer 7 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula Al<sub>X2</sub>Ga<sub>1-X2</sub>N:X2=0.1-0.5. If the presentation X2 of aluminum does not fulfill 0.1, forbidden-band width of face becomes narrow, and the effectiveness of eye carrier \*\*\*\*\* becomes less enough. If the presentation X2 of aluminum exceeds 0.5, it will become easy to produce a crack. Moreover, the thickness may be 10-50nm. If the thickness of the 2nd stopper layer 7 does not fulfill 10nm, the effectiveness of eye carrier \*\*\*\*\* becomes less enough. if the thickness exceeds 50nm, it will be alike, and it becomes easy to produce a crack.
- [0021] The 2nd cladding layer 8 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula Al<sub>Y2</sub>Ga<sub>1-Y2</sub>N:Y2=0-0.15 of n conduction type. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 100-1000nm.
- [0022] Each semi-conductor layer is formed of well-known organometallic compound vapor growth (henceforth the "MOVPE method") (for example, refer to JP,6-268257,A and JP,8-97471,A). In this grown method, ammonia gas and the alkyl compound gas of a 3 group element, for example, trimethylgallium, (TMG), trimethylaluminum (TMA), and trimethylindium (TMI) are supplied on the substrate heated by suitable temperature, a pyrolysis reaction is carried out, it has, and a desired semiconducting crystal is grown up on a substrate. The gaseous-phase-reaction equipment for performing this MOVPE method is also common knowledge. For example, please refer to JP,63-188934,A.
- [0023] An electron ray is uniformly irradiated after forming each semi-conductor layer using electron-beam-irradiation equipment to the contact layer 9 of a half-insulating material condition, the 2nd cladding layer 8, and the 2nd stopper layer 7. The exposure conditions of an electron ray are the acceleration voltage of about 10kV, specimen current 1microA, beam passing speed 0.2 mm/sec, beam diameter 60micrometerphi, and degree of vacuum 5.0 X 10<sup>-5</sup>Torr. Layers 7-9 serve as desired p conduction type by such electron beam irradiation.
- [0024] Thus, it etches by the approach of common knowledge of the formed semi-conductor wafer, and considers as the semi-conductor lamination shown in drawing 1. Next, the laminating of the oxidation silicone film 11 is uniformly carried out to up to p contact layer 9, and a slit-like aperture is opened. And the electrode 12 made from Au/nickel is connected to P contact layer 9 through this aperture. This electrode 12 is formed through metaled vacuum evaporatio, spreading of a photoresist, a photolithography process, and an etching process. the electrode 10 which becomes n contact layer 3 from aluminum on the other hand — vacuum evaporatio — a law — it forms according to a method.
- [0025] Thus, the formed semi-conductor wafer is carved for every component, and it considers as a desired laser diode.
- [0026] The energy diagram of the laser diode 20 of this example is shown in drawing 2. According to the laser diode 20 of an example, the stopper layers 5 and 7 which have a bigger band gap than each cladding layers 4 and 8 intervened between the 1st and 2nd cladding layers 4 and 8 and a luminous layer 6 as I understood from this energy diagram. Therefore, the carrier poured into the luminous layer 6 will be more certainly shut up in the luminous layer 6 concerned.
- [0027] Although the 1st and 2nd stopper layers 5 and 7 were formed in this example so that a luminous layer 6 might be touched, respectively in order to make effectiveness of eye carrier \*\*\*\*\* into max, these can be separated from the interior 6 of each cladding layers 4 and 8, i.e., a luminous layer, and can also be formed.
- [0028] In the example of the 2nd \*\*\*\*\*, the stopper layers 5 and 7 were changed in the 1st example as stated above.



Since it is the same as that of the laser diode 20 of the 1st example about other parts, the explanation is omitted.

[0029] It gradually decreases continuously as are shown in drawing 3, and the band gap of the 1st and 2nd stopper layers 25 and 27 is the highest in the part nearest to a luminous layer 6 and separates from a luminous layer 6 in the laser diode of this example, and in the part which is most separated from a luminous layer 6, that band gap is equal substantially with each cladding layers 4 and 8. The mode of gradual decrease of a band gap is not limited in the shape of [ which was illustrated ] radii, and can consider this as the shape of a straight line, exponential change, etc.

[0030] Thus, in order to change a band gap, the presentation of aluminum in each stopper layers 25 and 27 is changed as follows. That is, the presentation X of aluminum of the part nearest to a luminous layer 6 is made the highest (an example  $X=0.20$ ). The presentation of aluminum is continuously dwindled as it separates from a luminous layer 6, and in the part following, the parts 4 and 8, i.e., each cladding layers, which are most separated from a luminous layer 6, the presentation of aluminum is made equal to it of each cladding layers 4 and 8 (an example  $X=0.08$ ). Such presentation change of aluminum is performed by changing supply of material gas gradually, when carrying out crystal growth of each stopper layers 25 and 27.

[0031] When the presentation of aluminum in a stopper layer changes gradually in succession and is finally equal to the presentation of a cladding layer, the lattice constant between a stopper layer and a cladding layer will also change gradually in succession. Therefore, the stress between cladding layer-stopper layers is eased compared with the configuration of the 1st example.

[0032] In the example of the 3rd **\*\*\*\*\***, the stopper layers 25 and 27 were changed in the 2nd example as stated above. Since it is the same as that of the laser diode 20 of the 1st example about other parts, the explanation is omitted.

[0033] In the laser diode of this example, as shown in drawing 4, change of the band gap of the 1st and 2nd stopper layers 35 and 37 is made stair-like. That is, it gradually decreases stair-like as it is the highest in the part nearest to a luminous layer 6 and separates from a luminous layer 6, and in the part which is most separated from a luminous layer 6, the band gap is equal substantially with each cladding layers 4 and 8. Thus, in order to change a band gap, the presentation of aluminum in each stopper layers 35 and 37 is changed as follows. That is, the presentation X of aluminum of the part nearest to a luminous layer 6 is made the highest (an example  $X=0.2$ ). The presentation of aluminum is dwindled stair-like as it separates from a luminous layer 6, and in the part following, the parts 4 and 8, i.e., each cladding layers, which are most separated from a luminous layer 6, the presentation of aluminum is made equal to it of each cladding layers 4 and 8 (an example  $X=0.08$ ). Such presentation change of aluminum is performed by changing supply of material gas stair-like, when carrying out crystal growth of each stopper layers 35 and 37.

[0034] When the presentation of aluminum in a stopper layer changes being stair-like and gradually and is finally equal to the presentation of a cladding layer, the lattice constant between a stopper layer and a cladding layer will also change being stair-like and gradually. Therefore, the stress between cladding layer-stopper layers is eased compared with the configuration of the 1st example.

[0035] In the example of the 4th **\*\*\*\*\***, the stopper layers 5 and 7 were changed in the 1st example as stated above. Since it is the same as that of the laser diode 20 of the 1st example about other parts, the explanation is omitted.

[0036] In the laser diode of this example, as shown in drawing 5, the 1st and 2nd stopper layers 45 and 48 are made into the so-called superstructure. The enlarged drawing of the energy diagram of the 1st stopper layer 45 is shown in drawing 6, and the enlarged drawing of the energy diagram of the 2nd stopper layer 47 is shown in drawing 7. As shown in drawing 6, the 1st stopper layer 45 of this example consists of the 1st part 455 and 2nd part 456. The 1st barrier layer 451 and thickness which consist of n-aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N whose thickness is about 100Å are about 100Å, and the 1st part 455 comes to carry out the laminating of the 1st well layer 452 which consists of n-GaN. The 2nd barrier layer 453 and thickness which consist of n-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N whose thickness is about 20Å are about 20Å, and the 2nd part 456 repeats and comes to carry out the laminating of the 10 sets of the 2nd well layer 454 which consists of n-GaN.

[0037] such 1st stopper layer 45 — MOVPE — in performing law, it is formed by changing the amount of supply of material gas suitably.

[0038] In the above, the 1st part 455 mainly prevents the tunnel component of a carrier, and reflects the carrier of high energy in the 2nd part 456. The 2nd part 456 also bears the function which eases stress with a cladding layer 4. The component which maintains a high carrier **\*\*\*\*\*** function by this, and a crack cannot produce easily can be offered.

[0039] The 1st barrier layer 451 is formed with the compound semiconductor expressed with general formula n-AIX<sub>1</sub>Ga<sub>1-X</sub>N. **\*\*** [ it may dope an intentional impurity ] As for the presentation X<sub>1</sub> of the aluminum, being referred to as  $X_1=0.1-0.5$  is desirable. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-50nm. The 1st well layer 452 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula n-AIX<sub>2</sub>Ga<sub>1-X</sub>N. **\*\*** [ it may dope an intentional impurity ] As for the presentation X<sub>2</sub> of the aluminum, being referred to as  $X_2=0-0.2$  is desirable. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-50nm.

[0040] The 2nd barrier layer 453 is formed with the compound semiconductor expressed with general formula n-AIX<sub>3</sub>Ga<sub>1-X</sub>N. **\*\*** [ it may dope an intentional impurity ] It is desirable to suppose that the presentation X<sub>3</sub> of the aluminum contains  $X_3=0.1-0.5$  and  $X_3=X_1$ . As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-10nm. The 2nd well layer 454 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula n-AIX<sub>4</sub>Ga<sub>1-X</sub>N. **\*\*** [ it may dope an intentional impurity ] It is desirable to suppose that the presentation X<sub>4</sub> of the aluminum contains  $X_4=0-0.15$  and  $X_4=X_2$ . As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-10nm. As for the number of repeats of the 2nd barrier layer 453 and the 2nd well layer 454, being referred to as 3-20 is desirable.

[0041] As shown in drawing 7, the 2nd stopper layer 47 of this example consists of the 1st part 475 and 2nd part 476. The 1st barrier layer 471 and thickness which consist of p-aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N whose thickness is about 100Å are about 100Å, and the 1st part 475 comes to carry out the laminating of the 1st well layer 472 which consists of p-GaN. The 2nd

barrier layer 473 and thickness which consist of p-aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{N}$  whose thickness is about 20Å are about 20Å, and the 2nd part 476 repeats and comes to carry out the laminating of the 10 sets of the 2nd well layer 474 which consists of p-GaN.

[0042] such 2nd stopper layer 47 — MOVPE — in performing law, it is formed by changing the amount of supply of material gas suitably.

[0043] In the above, the 1st part 475 mainly prevents the tunnel component of a carrier, and reflects the carrier of high energy in the 2nd part. The 2nd part 476 also bears the function which eases stress with the 2nd cladding layer 8. The component into which this maintains a high carrier \*\*\*\*\* function and a crack cannot go easily can be offered.

[0044] The 1st barrier layer 471 is formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $p\text{-AlX}_5\text{Ga}_{1-\text{X}_5}\text{N}$ . \*\* [ it may dope an intentional impurity ] As for the presentation  $\text{X}_5$  of the aluminum, being referred to as  $\text{X}_5=0.1-0.5$  is desirable. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-50nm. The 1st well layer 472 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $p\text{-AlX}_6\text{Ga}_{1-\text{X}_6}\text{N}$ . \*\* [ it may dope an intentional impurity ] As for the presentation  $\text{X}_6$  of the aluminum, being referred to as  $\text{X}_6=0-0.2$  is desirable. As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-50nm.

[0045] The 2nd barrier layer 473 is formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $p\text{-AlX}_7\text{Ga}_{1-\text{X}_7}\text{N}$ . \*\* [ it may dope an intentional impurity ] It is desirable to suppose that the presentation  $\text{X}_7$  of the aluminum contains  $\text{X}_7=0.1-0.5$  and  $\text{X}_7=\text{X}_5$ . As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-10nm. The 2nd well layer 474 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $p\text{-AlX}_8\text{Ga}_{1-\text{X}_8}\text{N}$ . \*\* [ it may dope an intentional impurity ] It is desirable to suppose that the presentation  $\text{X}_8$  of the aluminum contains  $\text{X}_8=0-0.15$  and  $\text{X}_8=\text{X}_6$ . As for the thickness, it is desirable to be referred to as 1-10nm. As for the number of repeats of the 2nd barrier layer 473 and the 2nd well layer 474, being referred to as 3-20 is desirable.

[0046] In the example of the 5th \*\*\*\*\*, the 2nd part of the stopper layers 45 and 47 was changed in the 4th example. Since it is the same as that of the laser diode of the 4th example about other parts, the same sign is attached and the explanation is omitted.

[0047] In the laser diode of this example, as shown in drawing 8, in the 2nd part 556 and 576 of the stopper layers 55 and 57, the band gap of the part which follows cladding layers 4 and 8 is gradually decreasing continuously like the stopper layer of the 2nd example. By this, the stress between the stopper layers 55 and 57 and cladding layers 4 and 8 will be eased further.

[0048] The laser diode 30 of the 6th example of the 6th example is shown in drawing 9. The same sign is given to the same part as the laser diode of drawing 1, and the explanation is omitted. The 1st guide layer 13 is formed between the 1st cladding layer 4 and the 1st stopper layer 5, and, as for the laser diode 30 of this example, the 2nd guide layer 14 is formed between the 2nd stopper layer 7 and the 2nd cladding layer 8. The light which emitted light by the luminous layer 6 closes these guide layers 13 and 14, and they carry out eye \*\*.

[0049] The spec. of the 1st guide layer 13 and the 2nd guide layer 14 is as follows.

Semi-conductor layer : Presentation: Dopant (thickness)

1st guide layer 13: n-GaN:Si (100nm)

2nd guide layer 14: p-GaN:Mg (100nm)

these 1st and 2nd guide layers 13 and 14 — a law — a method — following — MOVPE — it is formed of law.

[0050] This 1st guide layer 13 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $\text{AlZ}_1\text{Ga}_{1-\text{Z}_1}\text{N}$  ( $\text{Z}_1=0$  is included) of n conduction type.

[0051] The 2nd guide layer 14 can be formed with the compound semiconductor expressed with general formula  $\text{AlZ}_2\text{Ga}_{1-\text{Z}_2}\text{N}$  ( $\text{Z}_2=0$  is included) of P conduction type.

[0052] The energy diagram of the stopper layers 65 and 67 in the laser diode 30 of this example is shown in drawing 10. These stopper layers 65 and 67 are as of the same kind as the stopper layers 25 and 27 of the 2nd example as drawing shows.

[0053] That is, it gradually decreases continuously as the band gap of the 1st and 2nd stopper layers 65 and 67 is the highest in the part nearest to a luminous layer 6 and separates from a luminous layer 6, and in the part which is most separated from a luminous layer 6, the band gap is equal substantially with each guide layers 13 and 14. Thus, in order to change a band gap, the presentation of aluminum in each stopper layers 65 and 67 is changed as follows. That is, the presentation  $\text{X}$  of aluminum of the part nearest to a luminous layer 6 is made the highest (an example  $\text{X}=0.2$ ). The presentation of aluminum is continuously dwindled as it separates from a luminous layer 6, and in the part following, the parts 13 and 14, i.e., each guide layers, which are most separated from a luminous layer 6, the presentation of aluminum is made equal to it of each guide layers 13 and 14 (an example  $\text{X}=0$ ). Such presentation change of aluminum is performed by changing supply of material gas gradually, when carrying out crystal growth of each stopper layers 65 and 67. Thus, when the presentation of aluminum in a stopper layer changes gradually in succession and is finally equal to the presentation of a guide layer, the lattice constant between a stopper layer and a guide layer will also change gradually in succession. Therefore, the stress between guide layer-stopper layers is eased.

[0054] In the example of the 7th \*\*\*\*\*, the stopper layers 65 and 67 were changed in the 6th example as stated above. Since it is the same as that of the laser diode 30 of the 6th example about other parts, the explanation is omitted.

[0055] In the laser diode of this example, as shown in drawing 11, change of the band gap of the 1st and 2nd stopper layers 75 and 77 is made stair-like.

[0056] That is, it gradually decreases stair-like as it is the highest in the part nearest to a luminous layer 6 and separates from a luminous layer 6, and in the part which is most separated from a luminous layer 6, the band gap is equal substantially with each guide layers 13 and 14. Thus, in order to change a band gap, the presentation of aluminum in each

stopper layers 75 and 77 is changed as follows. That is, the presentation X of aluminum of the part nearest to a luminous layer 6 is made the highest (an example  $X = 0.2$ ). The presentation of aluminum is dwindled stair-like as it separates from a luminous layer 6, and in the part following, the parts 13 and 14, i.e., each guide layers, which are most separated from a luminous layer 6, the presentation of aluminum is made equal to it of each guide layers 13 and 14 (an example  $X = 0$ ). Such presentation change of aluminum is performed by changing supply of material gas stair-like, when carrying out crystal growth of each stopper layers 75 and 77. When the presentation of aluminum in a stopper layer changes being stair-like and gradually and is finally equal to the presentation of a guide layer, the lattice constant between a stopper layer and a guide layer will also change being stair-like and gradually. Therefore, the stress between guide layer-stopper layers is eased.

[0057] In the example of the 8th \*\*\*\*\*, the stopper layers 65 and 67 were changed in the 6th example as stated above. Since it is the same as that of the laser diode 30 of the 6th example about other parts, the explanation is omitted.

[0058] In the laser diode of this example, as shown in drawing 12, the 1st and 2nd stopper layers 85 and 87 are made into the so-called superstructure. Since the configuration of these stopper layers 85 and 87 is substantially the same, it abbreviates that explanation to the stopper layers 45 and 47 of the 4th example. When putting in another way, it applied to the laser diode 30 which showed the stopper layers 45 and 47 of the 4th example to drawing 9, and the laser diode of this example was constituted. Similarly, it is also applicable to the laser diode 30 which showed the stopper layers 55 and 57 of the 5th example to drawing 9.

[0059] In each example, although the stopper layer is continued and formed in the luminous layer 6, it can separate these from a luminous layer 6, and can also prepare them in the interior of a cladding layer or the guide layers 13 and 14.

Moreover, in each example, the stopper layer prepared between the 1st cladding layer of n conduction type or the 1st guide layer, and a luminous layer can omit this.

[0060] An intentional impurity may be doped to the 1st [ of each example ] and 2nd stopper layer, 1st and 2nd cladding layer, 1st, and 2nd guide layers and luminous layers, and it is not necessary to dope to them.

[0061] This invention is not limited to the publication of the gestalt of implementation of the above-mentioned invention, and an example at all, is the range which does not deviate from a claim and includes the various deformation modes this contractor can hit on an idea of. Of course, this invention can apply also to light emitting diode.

[0062] Hereafter, the following matter is indicated.

It is the light emitting device formed with the compound semiconductor of a GaN system. (11) A substrate, A luminous layer, and the 1st cladding layer and 2nd cladding layer which have been arranged as sandwiched said luminous layer, It is the stopper layer formed between said luminous layer and said 1st cladding layer or in either [ at least ] between said luminous layer and said 2nd cladding layer. This stopper layer is a GaN system light emitting device which comes to have the stopper layer which prevents substantially that the carrier in said luminous layer passes through this.

[0063] (12) Said stopper layer is a GaN system light emitting device given in (11) characterized by being formed in contact with said luminous layer.

[0064] (13) (11) characterized by preparing the 1st guide layer and the 2nd guide layer, respectively between said luminous layer and said 1st cladding layer, and the 2nd cladding layer, or a GaN system light emitting device given in (12).

[0065] (14) The GaN system light emitting device according to claim 9 or 10 to which the laminating of those with two or more and them is repeatedly carried out, and said 1st stopper layer and said 2nd stopper layer are characterized by being formed more thickly than the 1st stopper layer of others [ layer / nearest to said luminous layer ] in said 1st stopper layer, respectively.

[0066] (15) The 1st stopper layer besides the above is a GaN system light emitting device given in (14) characterized by being the same thickness substantially.

[0067] (16) It is a GaN system light emitting device given in (15) which the layer nearest to said luminous layer is formed in said 2nd stopper layer more thickly than other 2nd stopper layer, and is characterized by this other 2nd stopper layer being the same thickness substantially.

[0068] (17) said 1st stopper layer — setting — the layer nearest to said luminous layer, and said 2nd stopper layer — setting — the layer nearest to said luminous layer — substantial — the same thickness — it is — said — others — the 1st stopper layer — said — others — a GaN system light emitting device given in (16) characterized by the 2nd stopper layer being the same thickness substantially.

[0069] (18) said 1st stopper layer — setting — the thickness of the layer nearest to said luminous layer — said — others — a GaN system light emitting device given in (17) characterized by being 3 to 10 times the thickness of the 1st stopper layer.

[0070] (19) said — others — the 1st stopper layer — said — others — a GaN system light emitting device given in (18) characterized by the numbers of repeats with the 2nd stopper layer being 3-20.

[0071] (20) Said stopper layer The 1st part which comes to carry out the laminating of the 2nd stopper layer which consists of  $\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2}\text{N}$ : $X2=0-0.2$  whose the 1st stopper layer and thickness which consist of  $\text{Al}_{X1}\text{Ga}_{1-X1}\text{N}$ : $X1=0.1-0.5$  whose thickness is about 100Å are about 100Å, The 2nd part which repeats and comes to carry out the laminating of the 10 sets of the 4th stopper layer which consists of said  $\text{Al}_{X2}\text{Ga}_{1-X2}\text{N}$  whose the 3rd stopper layer and thickness which consist of said  $\text{Al}_{X1}\text{Ga}_{1-X1}\text{N}$  whose thickness is about 20Å are about 20Å,  $X1 > X2$  [ however, ] — since — a GaN system light emitting device given in either [ which is characterized by being constituted ] (11) thru/or (13).

[0072] (21) It has further the 3rd stopper layer which consists of  $\text{Al}_{X3}\text{Ga}_{1-X3}\text{N}$ . In the 3rd stopper layer, the presentation  $X3$  of aluminum is the largest in the part nearest to said luminous layer. this — the part which will be left from now on and which was alike, followed, decreased gradually and is most separated from said luminous layer — the presentation  $X3$  — the presentation (0 is included) of aluminum of a cladding layer or a guide layer — substantial — etc. — it spreads — The

said 1st, 2nd, and 3rd stopper layers are GaN system light emitting devices according to claim 9 or 10 characterized by carrying out the laminating to this order from said luminous layer side.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the sectional view showing the configuration of the laser diode of the example of 1 of this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 is the energy diagram of the laser diode of this example.

[Drawing 3] Drawing 3 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

[Drawing 4] Drawing 4 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

[Drawing 5] Drawing 5 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

[Drawing 6] Drawing 6 is the 1st enlarged drawing of the energy diagram for a stopper layer of the laser diode of an example besides \*\*.

[Drawing 7] Drawing 7 is the 2nd enlarged drawing of the energy diagram for a stopper layer of the laser diode of an example besides \*\*.

[Drawing 8] Drawing 8 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

[Drawing 9] Drawing 9 is the sectional view showing the configuration of the laser diode of other examples.

[Drawing 10] Drawing 10 is the energy diagram of the laser diode of an example besides \*\*.

[Drawing 11] Drawing 11 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

[Drawing 12] Drawing 12 is the energy diagram of the laser diode of other examples.

### [Description of Notations]

1 Silicon on Sapphire

2 Buffer Layer

4 1st Cladding Layer

5, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 1st stopper layer

6 Luminous Layer

7, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87 2nd stopper layer

8 2nd Cladding Layer

13, the 1st guide layer

14, the 2nd guide layer

20 30 Laser diode

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-145004

(43)公開日 平成10年(1998) 5 月29日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平8-311441

(22)出願日

平成8年(1996)11月6日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(71)出願人 591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-  
805

(71)出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104  
宝マンション山の手508号

(74)代理人 弁理士 小西 富雅

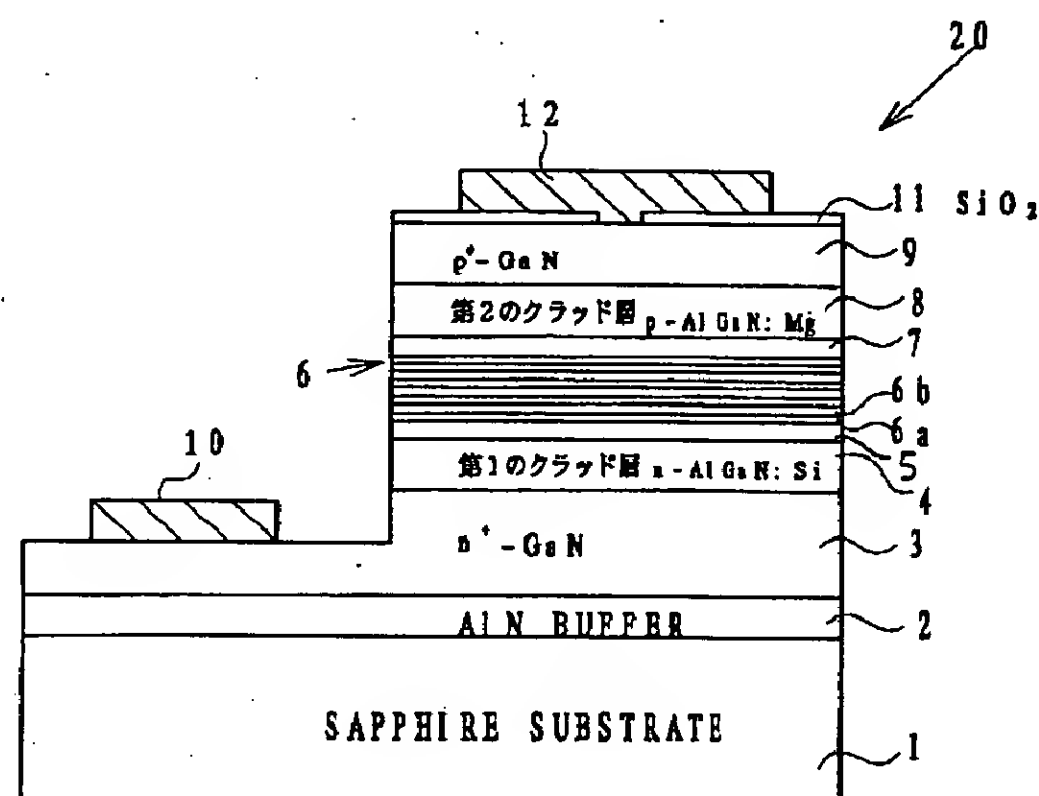
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 GaN系発光素子

(57)【要約】

【課題】 発光層に注入されたキャリアに対する閉じ込め効果が高くかつクラックが入り難くしたGaN系発光素子を提供する。

【解決手段】 基板1と、発光層5と、発光層5を挟むようにして配置された第1のクラッド層3及び第2のクラッド層7と、発光層5と第1及び第2のクラッド層3、7との間に設けられてキャリアの透過を防止するストッパ層4、6とを備えてなる発光素子において、ストッパ層におけるAlの組成とその膜厚、及びクラッド層のAlの組成とその膜厚を適当に調節する。例えば、第2のストッパ層6を $Al_{x2}Ga_{1-x2}N:X2=0.1\sim0.5$ で形成し、かつ厚さを10~50nmとし、第2のクラッド層7を $Al_{y2}Ga_{1-y2}N:Y2=0\sim0.15$ で形成し、かつその厚さを100~1000nmとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系の化合物半導体で形成される発光素子であって、

基板と、

発光層と、

前記発光層を挟むようにして配置されたn伝導型のクラッド層及びp伝導型のクラッド層と、

前記発光層と前記p伝導型のクラッド層との間に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなり、

前記ストッパ層は $Al_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ ： $x_2=0.1\sim0.5$ からなり、かつ厚さが10～50nmであり、

前記p伝導型のクラッド層は $Al_{y_2}Ga_{1-y_2}N$ ： $y_2=0\sim0.15$ からなり、かつその厚さが100～1000nmである、ことを特徴とするGaN系発光素子。

【請求項2】 前記発光層と前記n伝導型のクラッド層との間に他のストッパ層が形成され、

該他のストッパ層は $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ ： $x_1=0.1\sim0.5$ からなり、かつ厚さが10～50nmであり、

前記n伝導型のクラッド層は $Al_{y_1}Ga_{1-y_1}N$ ： $y_1=0\sim0.15$ からなり、かつその厚さが100～1000nmであることを特徴とする請求項1に記載のGaN系発光素子。

【請求項3】 前記各ストッパ層は前記発光層に接して形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のGaN系発光素子。

【請求項4】 前記発光層と前記n伝導型のクラッド層及びp伝導型のクラッド層との間にそれぞれ第1のガイド層と第2のガイド層が設けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のGaN系発光素子。

【請求項5】 GaN系の化合物半導体で形成される発光素子であって、

基板と、

発光層と、

前記発光層を挟むようにして配置された第1のクラッド層及び第2のクラッド層と、

前記発光層と前記第1のクラッド層との間及び前記発光層と前記第2のクラッド層との間の少なくとも一方に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなり、

前記ストッパ層は $Al_xGa_{1-x}N$ からなり、但しAlの組成Xは前記発光層に最も近い部分で最も大きく、これから離れるに従って漸次減少し、前記発光層から最も離れた部分でその組成Xはクラッド層のAlの組成（0を含む）に実質的に等しく、かつその厚さが10～100nmであることを特徴とするGaN系発光素子。

【請求項6】 GaN系の化合物半導体で形成される発光素子であって、

基板と、

発光層と、

前記発光層を挟むようにして配置された第1のクラッド層及び第2のクラッド層と、

前記発光層と前記第1のクラッド層及び前記第2のクラッド層との間にそれぞれ設けられるガイド層と、

前記発光層と前記第1のガイド層との間及び前記発光層と前記第2のガイド層との間の少なくとも一方に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなり、

前記ストッパ層は $Al_xGa_{1-x}N$ からなり、但しAlの組成Xは前記発光層に最も近い部分で最も大きく、これから離れるに従って漸次減少し、前記発光層から最も離れた部分でその組成Xはガイド層のAlの組成（0を含む）に実質的に等しく、かつその厚さが10～100nmであることを特徴とするGaN系発光素子。

【請求項7】 前記ストッパ層におけるAlの組成は連続して漸減することを特徴とする請求項5又は6に記載のGaN系発光素子。

【請求項8】 前記ストッパ層におけるAlの組成は階段状に漸減することを特徴とする請求項5又は6に記載のGaN系発光素子。

【請求項9】 GaN系の化合物半導体で形成される発光素子であって、

基板と、

発光層と、

前記発光層を挟むようにして配置された第1のクラッド層及び第2のクラッド層と、

前記発光層と前記第1のクラッド層との間及び前記発光層と前記第2のクラッド層との間の少なくとも一方に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなり、

前記ストッパ層が $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ ： $x_1=0.1\sim0.5$ からなる第1のストッパ層と $Al_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ ： $x_2=0\sim0.2$ からなる第2のストッパ層、但し $x_1>x_2$ 、を積層してなることを特徴とするGaN系発光素子。

【請求項10】 前記発光層と前記第1のクラッド層及び前記第2のクラッド層との間にそれぞれガイド層が設けられていることを特徴とする請求項9に記載のGaN系発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はGaN系化合物半導体で形成された発光素子に関する。この半導体発光素子は例えばレーザダイオードや発光ダイオードとして利用できる。

## 【0002】

【従来の技術】可視光短波長領域の発光素子として化合物半導体を用いたものが知られている。中でもGa<sub>2</sub>N系化合物半導体は直接遷移型であることから発光効率が高くかつ光の3原色の1つである青色を発光することから、昨今特に注目を集めている。

【0003】Ga<sub>2</sub>N系の発光素子では、発光層に注入されたキャリアの閉じ込めを当該発光層を挟むように形成される第1のクラッド層及び第2のクラッド層で行っていた。しかし半導体レーザのように発光層に対するキャリアの注入量が多くなると、クラッド層にはより高いキャリアの閉じ込めの機能が要求される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】クラッド層によるキャリアの閉じ込め機能を高めるためには、クラッド層をより禁制帯幅（バンドギャップ）の広い材料で形成することが考えられる。Ga<sub>2</sub>N系化合物半導体では禁制帯幅を広くするためにAl（アルミニウム）の組成を大きくすることが考えられる。

【0005】しかしながら、本発明者らの検討によれば、Alの組成比を高くしてかつ光閉じ込めを十分確保するためにクラッド層を厚くすると、歪みが大きくなり、成長層にクラックが入りやすくなることがわかった。そこでこの発明は、キャリアに対する閉じ込め効果が高くかつクラッド層にクラックが入り難くしたGa<sub>2</sub>N系発光素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は上記目的を達成するものであり、その構成は、Ga<sub>2</sub>N系の化合物半導体で形成される発光素子であって、基板と、発光層と、前記発光層を挟むようにして配置されたn伝導型のクラッド層及びp伝導型のクラッド層と、前記発光層と前記p伝導型のクラッド層との間に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなり、前記ストッパ層はAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N：X<sub>2</sub>=0.1~0.5からなり、かつ厚さが10~50nmであり、前記p伝導型のクラッド層はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N：Y<sub>2</sub>=0~0.15からなり、かつその厚さが100~1000nmであることを特徴とする。

半導体層	:	組成：ドーパント（膜厚）
バッファ層2	:	AlN（50nm）
nコンタクト層3	:	n <sup>+</sup> -Ga <sub>2</sub> N：Si（4.0μm）
第1のクラッド層4	:	n-Al <sub>0.08</sub> Ga <sub>0.92</sub> N：Si（1μm）
第1のストッパ層5	:	n-Al <sub>0.15</sub> Ga <sub>0.85</sub> N：Si（20nm）
発光層6		
量子井戸層6a	:	In <sub>0.15</sub> Ga <sub>0.85</sub> N（50nm）
バリア層6b	:	Ga <sub>2</sub> N（50nm）
量子井戸層とバリア層の繰り返し数	:	5
第2のストッパ層7	:	p-Al <sub>0.15</sub> Ga <sub>0.85</sub> N：Mg（20nm）
第2のクラッド層8	:	p-Al <sub>0.08</sub> Ga <sub>0.92</sub> N：Mg（1μm）

【0007】

【発明の作用・効果】このように構成された発光素子によれば、ストッパ層とp伝導型のクラッド層の組成及び厚さが適当に調整されているので、発光層に注入されたキャリア（電子）に対する閉じ込め効果が高く、成長層にはクラックが殆ど入らなくなる。

【0008】請求項2に記載の発明によれば、他のストッパ層とn伝導型のクラッド層の組成及び厚さが適当に調整されているので、発光層に注入されたキャリア（ホール）に対する閉じ込め効果が高く、成長層にはクラックが殆ど入らなくなる。

【0009】請求項3に記載の発明によれば、ストッパ層が発光層に接しているため、キャリアの閉じ込めを効率よく行える。

【0010】請求項4に記載の発明によれば、ガイド層が設けられるので、光を閉じ込める層の厚みが大きくなって、レーザ素子に適した構成となる。

【0011】請求項5~8に記載の発明によれば、ストッパ層におけるAlの組成を漸次変化させたので、ストッパ層に対するストレスが緩和、吸収されることとなり、クラックがより生じ難くなる。

【0012】請求項9及び10に記載の発明によれば、ストッパ層が複数の層から構成されるので、ストッパ層に対するストレスが緩和、吸収されることとなり、クラックの発生がより生じ難くなる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を実施例に基づき更に詳細に説明する。

第1実施例

この実施例の半導体発光素子はレーザダイオードである。図1は実施例のレーザダイオード20の断面図である。このレーザダイオード20は基板1の上へ順に、バッファ層2、nコンタクト層3、第1のクラッド層4、第1のストッパ層5、発光層6、第2のストッパ層7、第2のクラッド層8を成長させた構成である。第2のクラッド層8の上面にはpコンタクト層9が形成されている。

【0014】各半導体層のスペックは次の通りである。



pコンタクト層9 :  $p^+-GaN:Mg$  (200nm)

【0015】なお、基板1はサファイア製であって、次の様にして調製される。有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶サファイア板を図示しない気相反応装置内のサセプタに装着する。次に、常圧で $H_2$ を流速2 liter/minで反応装置に流しながら温度1000℃でサファイア基板を30分間ベーキングする。

【0016】上記においてバッファ層2は一般式 $Al_A Ga_{1-A}N$ で表される非晶質の化合物半導体で形成することができる(特開平2-229476号公報参照)。

【0017】第1のクラッド層4はn伝導型の一般式 $Al_{Y1} Ga_{1-Y1}N$ :Y1=0~0.15で表される化合物半導体で形成することができる。その厚さは100~1000nmとすることが好ましい。

【0018】第1のストッパ層5は一般式 $Al_{X1} Ga_{1-X1}N$ :X1=0.1~0.5で表される化合物半導体により形成することができる。Alの組成X1が0.1に満たないと禁制帯幅が狭くなってキャリア閉じ込めの効果が充分でなくなる。Alの組成X1が0.5を超えるとクラックが生じやすくなる。またその膜厚は10~50nmとする。第1のストッパ層5の膜厚が10nmに満たないとキャリア閉じ込めの効果が充分でなくなる。その膜厚が50nmを超えるとクラックが生じやすくなる。この第1のストッパ層5は発光層6からホールが漏れ出ることを防止するものである。ホールは第1のクラッド層4の材料によっても比較的充分に閉じ込められるので、素子20に印加する定格の電圧が小さい場合等には、この第1のストッパ層5を省略することができる。

【0019】発光層6は図示のMQW型のものに限定されず、SQW型、バルク型のものなどを用いることができる。量子井戸層及びバリア層には意図的な不純物をドーピングしてもよいし、しなくてもよい。

【0020】第2のストッパ層7は一般式 $Al_{X2} Ga_{1-X2}N$ :X2=0.1~0.5で表される化合物半導体により形成することができる。Alの組成X2が0.1に満たないと禁制帯幅が狭くなってキャリア閉じ込めの効果が充分でなくなる。Alの組成X2が0.5を超えるとクラックが生じやすくなる。またその膜厚は10~50nmとする。第2のストッパ層7の膜厚が10nmに満たないとキャリア閉じ込めの効果が充分でなくなる。その膜厚が50nmを超えるとクラックが生じやすくなる。

【0021】第2のクラッド層8はn伝導型の一般式 $Al_{Y2} Ga_{1-Y2}N$ :Y2=0~0.15で表される化合物半導体で形成することができる。その厚さは100~1000nmとすることが好ましい。

【0022】各半導体層は周知の有機金属化合物気相成長法(以下、「MOVPE法」という。)により形成される(例えば、特開平6-268257号公報、特開平

8-97471号公報参照)。この成長法においては、アンモニアガスと三族元素のアルキル化合物ガス、例えばトリメチルガリウム(TMGG)、トリメチルアルミニウム(TMA)やトリメチルインジウム(TMI)とを適当な温度に加熱された基板上に供給して熱分解反応させ、もって所望の半導体結晶を基板の上に成長させる。このMOVPE法を実行するための気相反応装置も周知である。例えば、特開昭63-188934号公報を参照されたい。

【0023】各半導体層を形成後、電子線照射装置を用いて、半絶縁物状態のコンタクト層9、第2のクラッド層8及び第2のストッパ層7へ一様に電子線を照射する。電子線の照射条件は、加速電圧約10kV、試料電流1 $\mu$ A、ビーム移動速度0.2mm/sec、ビーム径60 $\mu$ m $\Phi$ 、真空度5.0 $\times 10^{-5}$ Torrである。このような電子線照射によって層7~9は所望のp伝導型となる。

【0024】このようにして形成された半導体ウエハを周知の方法でエッチングして、図1に示した半導体層構成とする。次に、一様に酸化シリコン膜11をpコンタクト層9の上へ積層し、スリット状の窓を開ける。そして、この窓を介して、Au/Ni製の電極12をpコンタクト層9へ接続させる。この電極12は金属の蒸着、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て形成される。一方、nコンタクト層3にはアルミニウムからなる電極10を蒸着により、定法にしたがい形成する。

【0025】このようにして形成された半導体ウエハを素子毎に切り分けて、所望のレーザダイオードとする。

【0026】この実施例のレーザダイオード20のエネルギーダイヤグラムを図2に示す。このエネルギーダイヤグラムからわかるとおり、実施例のレーザダイオード20によれば、第1及び第2のクラッド層4、8と発光層6との間に、各クラッド層4、8より大きなバンドギャップを有するストッパ層5、7が介在された。よって、発光層6に注入されたキャリアはより確実に当該発光層6内に閉じ込められることとなる。

【0027】この実施例ではキャリア閉じ込めの効果を最大とするために、第1及び第2のストッパ層5、7をそれぞれ発光層6に接するように形成したが、これらを各クラッド層4、8の内部、即ち発光層6から離して形成することもできる。

【0028】第2実施例

この実施例では、既述の第1の実施例においてストッパ層5、7を変更した。他の部分については第1の実施例のレーザダイオード20と同一であるのでその説明を省略する。

【0029】この実施例のレーザダイオードでは、図3に示すように、第1及び第2のストッパ層25、27のバンドギャップが発光層6に最も近い部分で最も高く、

発光層6から離れるに従って連続的に漸減し、発光層6から最も離れた部分ではそのバンドギャップが各クラッド層4、8と実質的に等しくなっている。バンドギャップの漸減の態様は図示した円弧状に限定されるものではなく、これを直線状、指数関数的変化等とすることができる。

【0030】このようにバンドギャップを変化させるには、各ストッパ層25、27におけるA1の組成を次のように変化させる。即ち、発光層6に最も近い部分のA1の組成Xを最も高くする（実施例では $X=0.2$ ）。発光層6から離れるに従ってA1の組成を連続的に漸減させ、発光層6から最も離れた部分即ち各クラッド層4、8に連続する部分ではA1の組成を各クラッド層4、8のそれに等しくする（実施例では $X=0.08$ ）。このようなA1の組成変化は、各ストッパ層25、27を結晶成長させるときに、原料ガスの供給を漸次変化させることにより行う。

【0031】ストッパ層におけるA1の組成が連続してかつ漸次変化して最終的にクラッド層の組成と等しくなっていると、ストッパ層とクラッド層との間の格子定数も連続してかつ漸次変化することとなる。したがって、第1実施例の構成に比べてクラッド層—ストッパ層間のストレスが緩和される。

#### 【0032】第3実施例

この実施例では、既述の第2の実施例においてストッパ層25、27を変更した。他の部分については第1の実施例のレーザダイオード20と同一であるのでその説明を省略する。

【0033】この実施例のレーザダイオードでは、図4に示すように、第1及び第2のストッパ層35、37のバンドギャップの変化が階段状にされている。即ち、発光層6に最も近い部分で最も高く、発光層6から離れるに従って階段状に漸減し、発光層6から最も離れた部分ではそのバンドギャップが各クラッド層4、8と実質的に等しくなっている。このようにバンドギャップを変化させるには、各ストッパ層35、37におけるA1の組成を次のように変化させる。即ち、発光層6に最も近い部分のA1の組成Xを最も高くする（実施例では $X=0.2$ ）。発光層6から離れるに従ってA1の組成を階段状に漸減させ、発光層6から最も離れた部分即ち各クラッド層4、8に連続する部分ではA1の組成を各クラッド層4、8のそれに等しくする（実施例では $X=0.08$ ）。このようなA1の組成変化は、各ストッパ層35、37を結晶成長させるときに、原料ガスの供給を階段状に変化させることにより行う。

【0034】ストッパ層におけるA1の組成が階段状にかつ漸次変化して最終的にクラッド層の組成と等しくなっていると、ストッパ層とクラッド層との間の格子定数も階段状にかつ漸次変化することとなる。したがって、第1実施例の構成に比べてクラッド層—ストッパ層間の

ストレスが緩和される。

#### 【0035】第4実施例

この実施例では、既述の第1の実施例においてストッパ層5、7を変更した。他の部分については第1の実施例のレーザダイオード20と同一であるのでその説明を省略する。

【0036】この実施例のレーザダイオードでは、図5に示すように、第1及び第2のストッパ層45、48がいわゆる超格子構造とされている。図6に第1のストッパ層45のエネルギーダイヤグラムの拡大図を示し、図7に第2のストッパ層47のエネルギーダイヤグラムの拡大図を示す。図6に示すように、この実施例の第1のストッパ層45は、第1の部分455と第2の部分456から構成される。第1の部分455は膜厚がほぼ1000オングストロームの $n\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる第1の障壁層451及び膜厚がほぼ100オングストロームであり、 $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる第1の井戸層452を積層してなる。第2の部分456は膜厚がほぼ20オングストロームの $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる第2の障壁層453及び膜厚がほぼ20オングストロームであり、 $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる第2の井戸層454の10組を繰り返し積層してなる。

【0037】このような第1のストッパ層45は、MOVPE法を実行するにあたり、原料ガスの供給量を適宜変化させることにより形成される。

【0038】上記において、第1の部分455が主としてキャリアのトンネル成分を防止し、第2の部分456で高エネルギーのキャリアを反射させる。第2の部分456はクラッド層4とのストレスを緩和する機能も担う。これにより、高いキャリア閉じ込め機能を維持してクラックの生じがたい素子を提供できることとなる。

【0039】第1の障壁層451は一般式 $n\text{-Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成される。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのA1の組成X1は $X1=0.1\sim0.5$ とすることが好ましい。その膜厚は1～50nmとすることが好ましい。第1の井戸層452は一般式 $n\text{-Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成することができる。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのA1の組成X2は $X2=0\sim0.2$ とすることが好ましい。その膜厚は1～50nmとすることが好ましい。

【0040】第2の障壁層453は一般式 $n\text{-Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成される。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのA1の組成X3は $X3=0.1\sim0.5$ 、 $X3=X1$ を含む、とすることが好ましい。その膜厚は1～10nmとすることが好ましい。第2の井戸層454は一般式 $n\text{-Al}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成することができる。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのA1の組成X4は $X4=0\sim0$ 、

15、 $X4 = X2$ を含む、とすることが好ましい。その膜厚は1~10nmとすることが好ましい。第2の障壁層453と第2の井戸層454との繰り返し数は3~20とすることが好ましい。

【0041】図7に示すように、この実施例の第2のストッパ層47は、第1の部分475と第2の部分476から構成される。第1の部分475は膜厚がほぼ100オングストロームの $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる第1の障壁層471及び膜厚がほぼ100オングストロームであり、 $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる第1の井戸層472を積層してなる。第2の部分476は膜厚がほぼ20オングストロームの $p\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる第2の障壁層473及び膜厚がほぼ20オングストロームであり、 $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる第2の井戸層474の10組を繰り返し積層してなる。

【0042】このような第2のストッパ層47は、MOVPE法を実行するにあたり、原料ガスの供給量を適宜変化させることにより形成される。

【0043】上記において、第1の部分475が主としてキャリアのトンネル成分を防止し、第2の部分で高エネルギーのキャリアを反射させる。第2の部分476は第2のクラッド層8とのストレスを緩和する機能も担う。これにより、高いキャリア閉じ込め機能を維持してクラックの入りにくい素子を提供できることとなる。

【0044】第1の障壁層471は一般式 $p\text{-Al}_{x5}\text{Ga}_{1-x5}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成される。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのAlの組成 $X5$ は $X5 = 0.1 \sim 0.5$ とすることが好ましい。その膜厚は1~50nmとすることが好ましい。第1の井戸層472は一般式 $p\text{-Al}_{x6}\text{Ga}_{1-x6}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成することができる。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのAlの組成 $X6$ は $X6 = 0 \sim 0.2$ とすることが好ましい。その膜厚は1~50nmとすることが好ましい。

【0045】第2の障壁層473は一般式 $p\text{-Al}_{x7}\text{Ga}_{1-x7}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成される。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのAlの組成 $X7$ は $X7 = 0.1 \sim 0.5$ 、 $X7 = X5$ を含む、とすることが好ましい。その膜厚は1~10nmとすることが好ましい。第2の井戸層474は一般式 $p\text{-Al}_{x8}\text{Ga}_{1-x8}\text{N}$ で表される化合物半導体で形成することができる。意図的な不純物はドーピングしてもよいし、しなくてもよい。そのAlの組成 $X8$ は $X8 = 0 \sim 0.15$ 、 $X8 = X6$ を含む、とすることが好ましい。その膜厚は1~10nmとすることが好ましい。第2の障壁層473と第2の井戸層474との繰り返し数は3~20とすることが好ましい。

#### 【0046】第5実施例

この実施例では、第4の実施例においてストッパ層45、47の第2の部分を変更した。他の部分については

第4の実施例のレーザダイオードと同一であるので同一の符号を付してその説明を省略する。

【0047】この実施例のレーザダイオードでは、図8に示すように、ストッパ層55、57の第2の部分556、576において、クラッド層4、8に連続する部分のバンドギャップが、第2実施例のストッパ層と同様に、連続して漸減している。これにより、ストッパ層55、57とクラッド層4、8の間のストレスが更に緩和されることとなる。

#### 【0048】第6実施例

第6実施例のレーザダイオード30を図9に示す。図1のレーザダイオードと同一の部分には同一の符号を付してその説明を省略する。この実施例のレーザダイオード30は第1のクラッド層4と第1のストッパ層5との間に第1のガイド層13が設けられ、第2のストッパ層7と第2のクラッド層8との間に第2のガイド層14が設けられている。このガイド層13及び14は発光層6で発光した光の閉じ込めをするものである。

【0049】第1のガイド層13及び第2のガイド層14のスペックは次の通りである。

半導体層 : 組成: ドーパント (膜厚)

第1のガイド層13:  $n\text{-Ga}\text{N}:\text{Si}$  (100nm)

第2のガイド層14:  $p\text{-Ga}\text{N}:\text{Mg}$  (100nm)

この第1及び第2のガイド層13及び14も定法にしたがいMOVPE法により形成される。

【0050】この第1のガイド層13は $n$ 伝導型の一般式 $\text{Al}_{z1}\text{Ga}_{1-z1}\text{N}$  ( $Z1 = 0$ を含む)で表される化合物半導体で形成することができる。

【0051】第2のガイド層14は $p$ 伝導型の一般式 $\text{Al}_{z2}\text{Ga}_{1-z2}\text{N}$  ( $Z2 = 0$ を含む)で表される化合物半導体で形成することができる。

【0052】この実施例のレーザダイオード30におけるストッパ層65、67のエネルギーダイアグラムを図10に示されている。図からわかるとおり、このストッパ層65及び67は第2実施例のストッパ層25、27と同種のものである。

【0053】即ち、第1及び第2のストッパ層65、67のバンドギャップが発光層6に最も近い部分で最も高く、発光層6から離れるに従って連続的に漸減し、発光層6から最も離れた部分ではそのバンドギャップが各ガイド層13、14と実質的に等しくなっている。このようにバンドギャップを変化させるには、各ストッパ層65、67におけるAlの組成を次のように変化させる。即ち、発光層6に最も近い部分のAlの組成 $X$ を最も高くする(実施例では $X = 0.2$ )。発光層6から離れるに従ってAlの組成を連続的に漸減させ、発光層6から最も離れた部分即ち各ガイド層13、14に連続する部分ではAlの組成を各ガイド層13、14のそれに等しくする(実施例では $X = 0$ )。このようなAlの組成変化は、各ストッパ層65、67を結晶成長させるとき



に、原料ガスの供給を漸次変化させることにより行う。このようにストッパ層におけるA1の組成が連続してかつ漸次変化して最終的にガイド層の組成と等しくなっていると、ストッパ層とガイド層との間の格子定数も連続してかつ漸次変化することとなる。したがって、ガイド層-ストッパ層間のストレスが緩和される。

#### 【0054】第7実施例

この実施例では、既述の第6の実施例においてストッパ層65、67を変更した。他の部分については第6の実施例のレーザダイオード30と同一であるのでその説明を省略する。

【0055】この実施例のレーザダイオードでは、図11に示すように、第1及び第2のストッパ層75、77のバンドギャップの変化が階段状にされている。

【0056】即ち、発光層6に最も近い部分で最も高く、発光層6から離れるに従って階段状に漸減し、発光層6から最も離れた部分ではそのバンドギャップが各ガイド層13、14と実質的に等しくなっている。このようにバンドギャップを変化させるには、各ストッパ層75、77におけるA1の組成を次のように変化させる。即ち、発光層6に最も近い部分のA1の組成Xを最も高くする（実施例では $X=0.2$ ）。発光層6から離れるに従ってA1の組成を階段状に漸減させ、発光層6から最も離れた部分即ち各ガイド層13、14に連続する部分ではA1の組成を各ガイド層13、14のそれに等しくする（実施例では $X=0$ ）。このようなA1の組成変化は、各ストッパ層75、77を結晶成長させるときに、原料ガスの供給を階段状に変化させることにより行う。ストッパ層におけるA1の組成が階段状にかつ漸次変化して最終的にガイド層の組成と等しくなっていると、ストッパ層とガイド層との間の格子定数も階段状にかつ漸次変化することとなる。したがって、ガイド層-ストッパ層間のストレスが緩和される。

#### 【0057】第8実施例

この実施例では、既述の第6の実施例においてストッパ層65、67を変更した。他の部分については第6の実施例のレーザダイオード30と同一であるのでその説明を省略する。

【0058】この実施例のレーザダイオードでは、図12に示すように、第1及び第2のストッパ層85、87がいわゆる超格子構造とされている。このストッパ層85及び87の構成は第4実施例のストッパ層45及び47と実質的に同じであるのでその説明を省略する。換言すれば、第4実施例のストッパ層45、47を図9に示したレーザダイオード30に適用してこの実施例のレーザダイオードを構成した。同様に、第5実施例のストッパ層55、57を図9に示したレーザダイオード30に適用することもできる。

【0059】各実施例において、ストッパ層は発光層6に連続して形成されているが、これらを発光層6から離

して、クラッド層又はガイド層13、14の内部に設けることもできる。また、各実施例において、n伝導型の第1のクラッド層若しくは第1のガイド層と発光層との間に設けられるストッパ層はこれを省略することができる。

【0060】各実施例の第1及び第2のストッパ層、第1及び第2のクラッド層、第1及び第2のガイド層及び発光層には意図的な不純物をドーピングしてもよいし、ドーピングしなくてもよい。

【0061】この発明は上記発明の実施の形態及び実施例の記載に何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲を逸脱しない範囲で、当業者が想到し得る種々の変形態様を包含する。この発明が発光ダイオードにも適用できることは勿論である。

【0062】以下、次の事項を開示する。

(11) GaN系の化合物半導体で形成される発光素子であって、基板と、発光層と、前記発光層を挟むようにして配置された第1のクラッド層及び第2のクラッド層と、前記発光層と前記第1のクラッド層との間及び前記発光層と前記第2のクラッド層との間の少なくとも一方に形成されるストッパ層であって、該ストッパ層は前記発光層中のキャリアがこれを通り抜けることを実質的に防止するストッパ層と、を備えてなるGaN系発光素子。

【0063】(12) 前記ストッパ層は前記発光層に接して形成されていることを特徴とする(11)に記載のGaN系発光素子。

【0064】(13) 前記発光層と前記第1のクラッド層及び第2のクラッド層との間にそれぞれ第1のガイド層と第2のガイド層が設けられていることを特徴とする(11)又は(12)に記載のGaN系発光素子。

【0065】(14) 前記第1のストッパ層と前記第2のストッパ層がそれぞれ複数あり、かつそれらが繰り返して積層され、前記第1のストッパ層において前記発光層に最も近い層が他の第1のストッパ層より厚く形成されていることを特徴とする請求項9又は10に記載のGaN系発光素子。

【0066】(15) 前記他の第1のストッパ層は実質的に同じ厚さであることを特徴とする(14)に記載のGaN系発光素子。

【0067】(16) 前記第2のストッパ層において前記発光層に最も近い層は他の第2のストッパ層より厚く形成され、該他の第2のストッパ層は実質的に同じ厚さであることを特徴とする(15)に記載のGaN系発光素子。

【0068】(17) 前記第1のストッパ層において前記発光層に最も近い層と前記第2のストッパ層において前記発光層に最も近い層とは実質的に同じ厚さであり、前記他の第1のストッパ層と前記他の第2のストッパ層とは実質的に同じ厚さであることを特徴とする(16)



に記載のGaN系発光素子。

【0069】(18) 前記第1のストッパ層において前記発光層に最も近い層の膜厚は前記他の第1のストッパ層の膜厚の3～10倍であることを特徴とする(17)に記載のGaN系発光素子。

【0070】(19) 前記他の第1のストッパ層と前記他の第2のストッパ層との繰り返し数は3～20であることを特徴とする(18)に記載のGaN系発光素子。

【0071】(20) 前記ストッパ層は、膜厚がほぼ100オングストロームの $Al_{x1}Ga_{1-x1}N$ ： $x1=0.1\sim0.5$ からなる第1のストッパ層及び膜厚がほぼ100オングストロームの $Al_{x2}Ga_{1-x2}N$ ： $x2=0\sim0.2$ からなる第2のストッパ層を積層してなる第1の部分と、膜厚がほぼ20オングストロームの前記 $Al_{x1}Ga_{1-x1}N$ からなる第3のストッパ層及び膜厚がほぼ20オングストロームの前記 $Al_{x2}Ga_{1-x2}N$ からなる第4のストッパ層の10組を繰り返し積層してなる第2の部分と、但し $x1>x2$ 、から構成されることを特徴とする(11)ないし(13)のいずれかに記載のGaN系発光素子。

【0072】(21)  $Al_{x3}Ga_{1-x3}N$ からなる第3のストッパ層が更に備えられ、該第3のストッパ層においてAlの組成 $x3$ は前記発光層に最も近い部分で最も大きく、これから離れるに従って漸次減少し、前記発光層から最も離れた部分でその組成 $x3$ はクラッド層又はガイド層のAlの組成(0を含む)に実質的に等しく、前記第1、第2及び第3のストッパ層はこの順に前記発光層側から積層されていることを特徴とする請求項9又は10に記載のGaN系発光素子。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はこの発明の一の実施例のレーザダイオードの構成を示す断面図。

【図2】図2は同実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図3】図3は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図4】図4は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図5】図5は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図6】図6は同他の実施例のレーザダイオードの第1のストッパ層部分のエネルギーダイヤグラムの拡大図。

【図7】図7は同他の実施例のレーザダイオードの第2のストッパ層部分のエネルギーダイヤグラムの拡大図。

【図8】図8は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図9】図9は他の実施例のレーザダイオードの構成を示す断面図。

【図10】図10は同他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

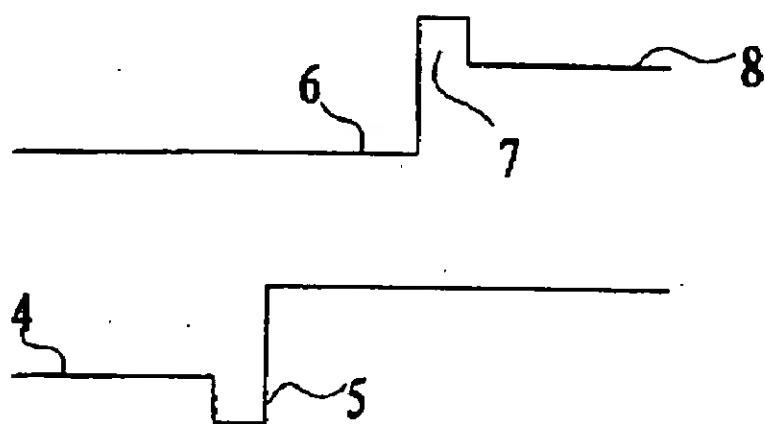
【図11】図11は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

【図12】図12は他の実施例のレーザダイオードのエネルギーダイヤグラム。

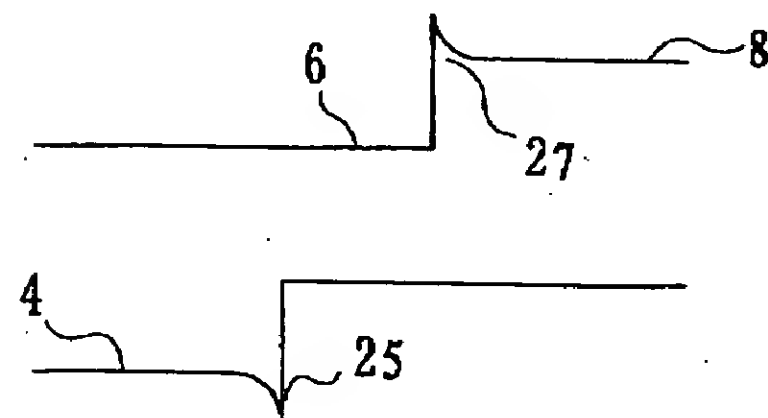
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 バッファ層
- 4 第1のクラッド層
- 5、25、35、45、55、65、75、85 第1のストッパ層
- 6 発光層
- 7、27、37、47、57、67、77、87 第2のストッパ層
- 8 第2のクラッド層
- 13、第1のガイド層
- 14、第2のガイド層
- 20、30 レーザダイオード

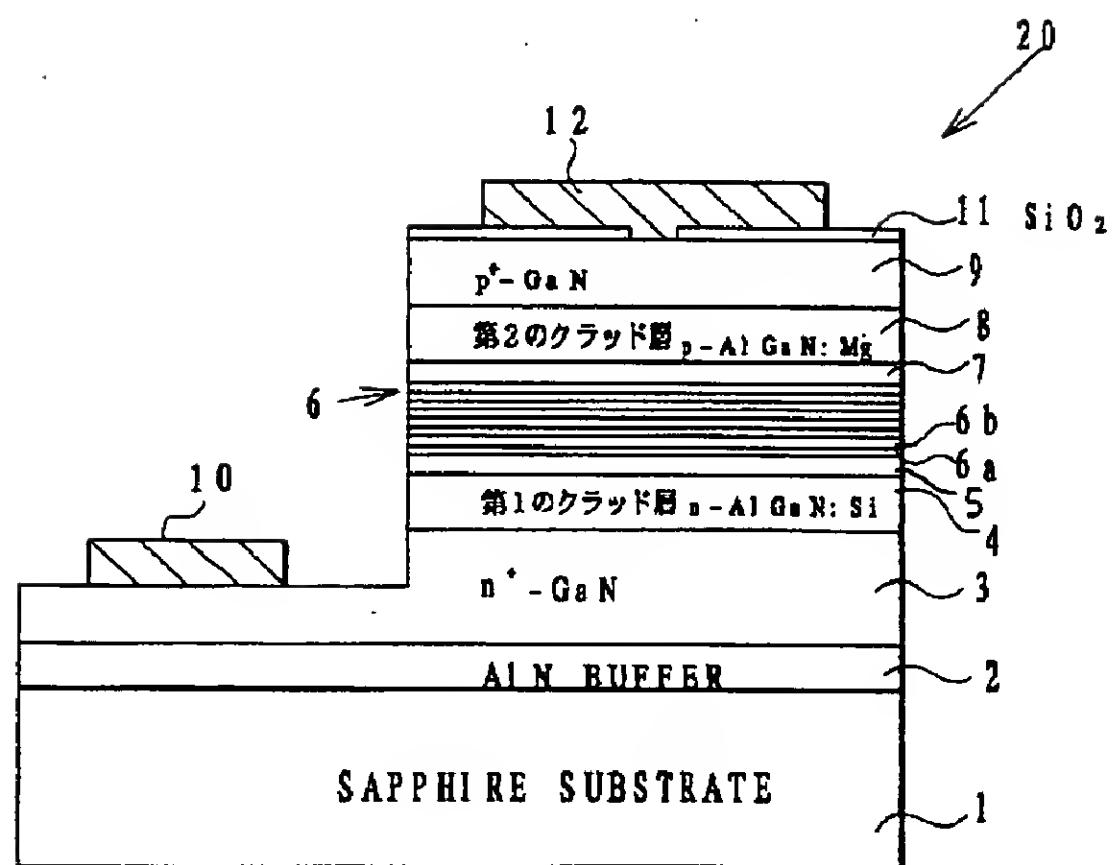
【図2】



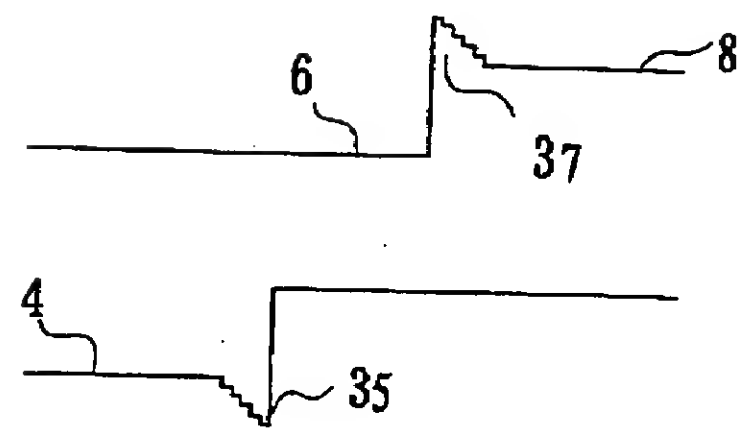
【図3】



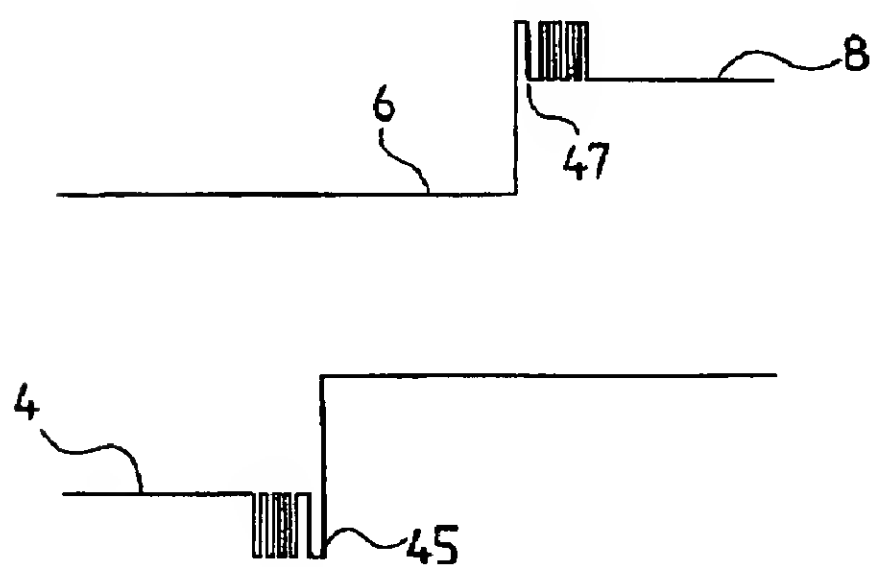
【図1】



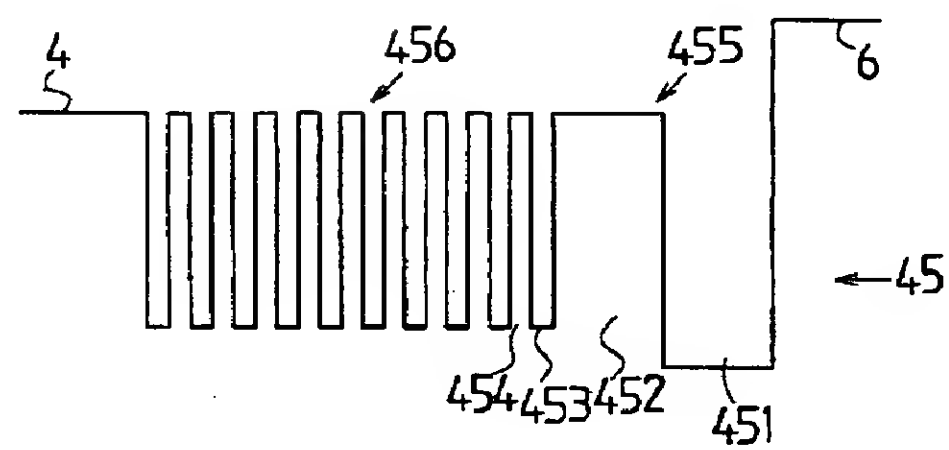
【図4】



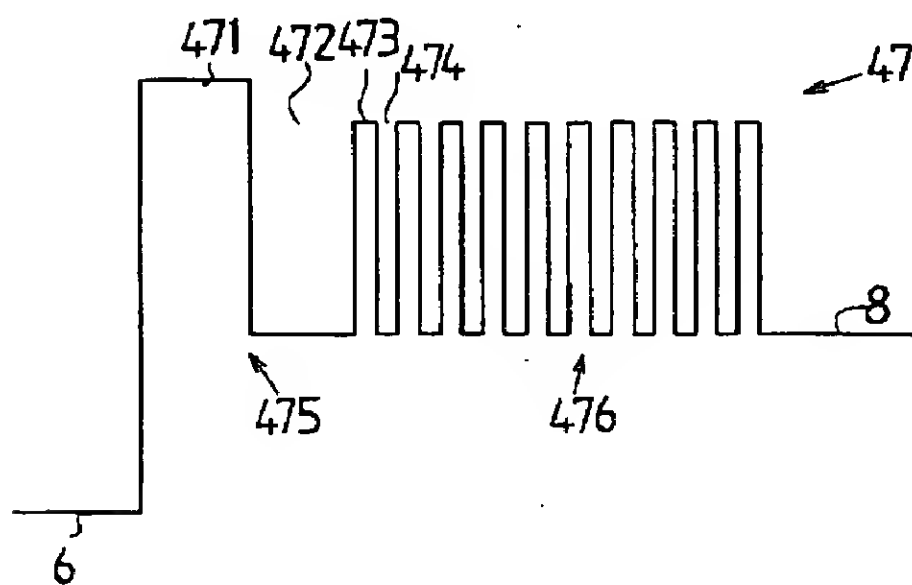
【図5】



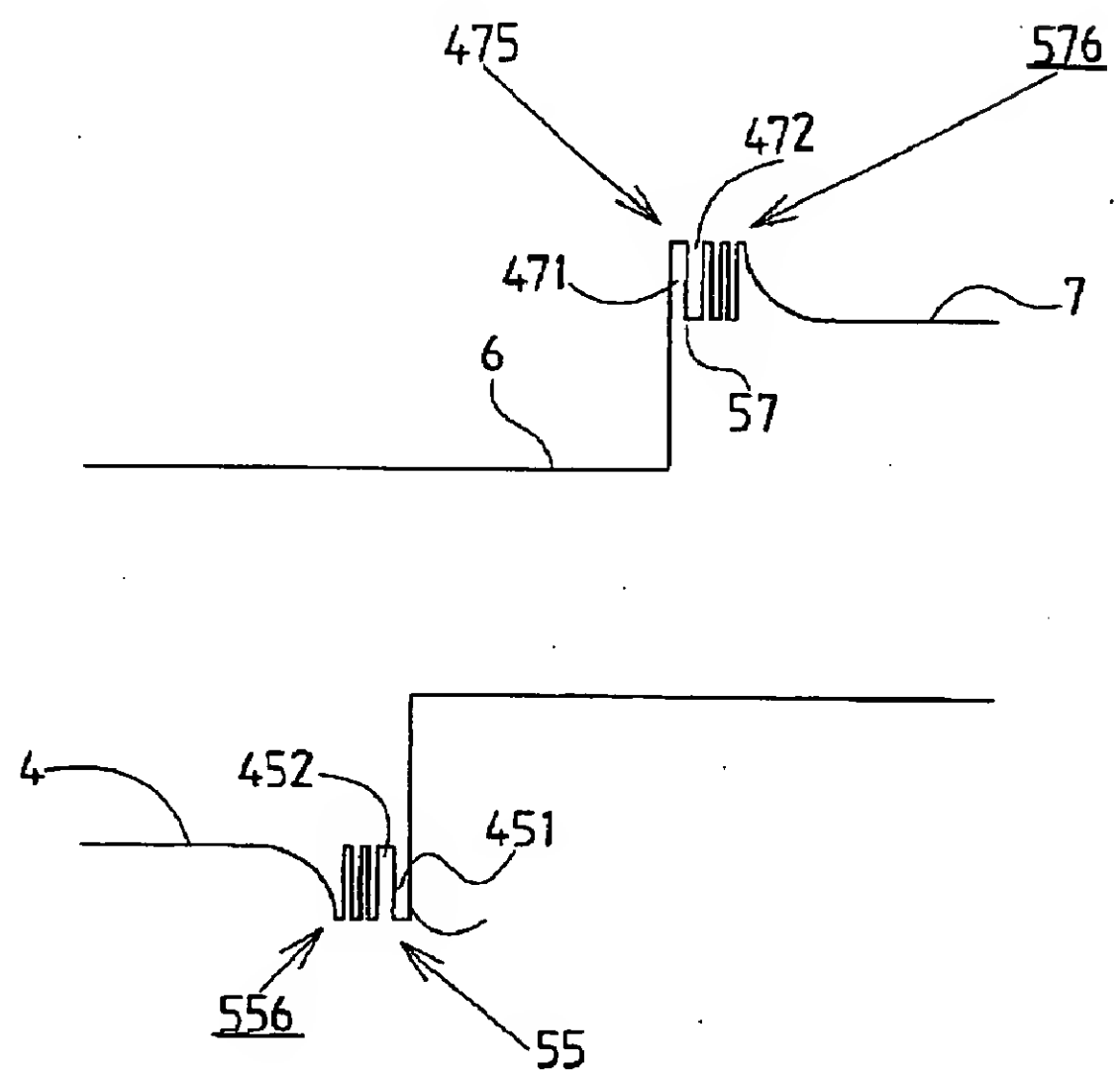
【図6】



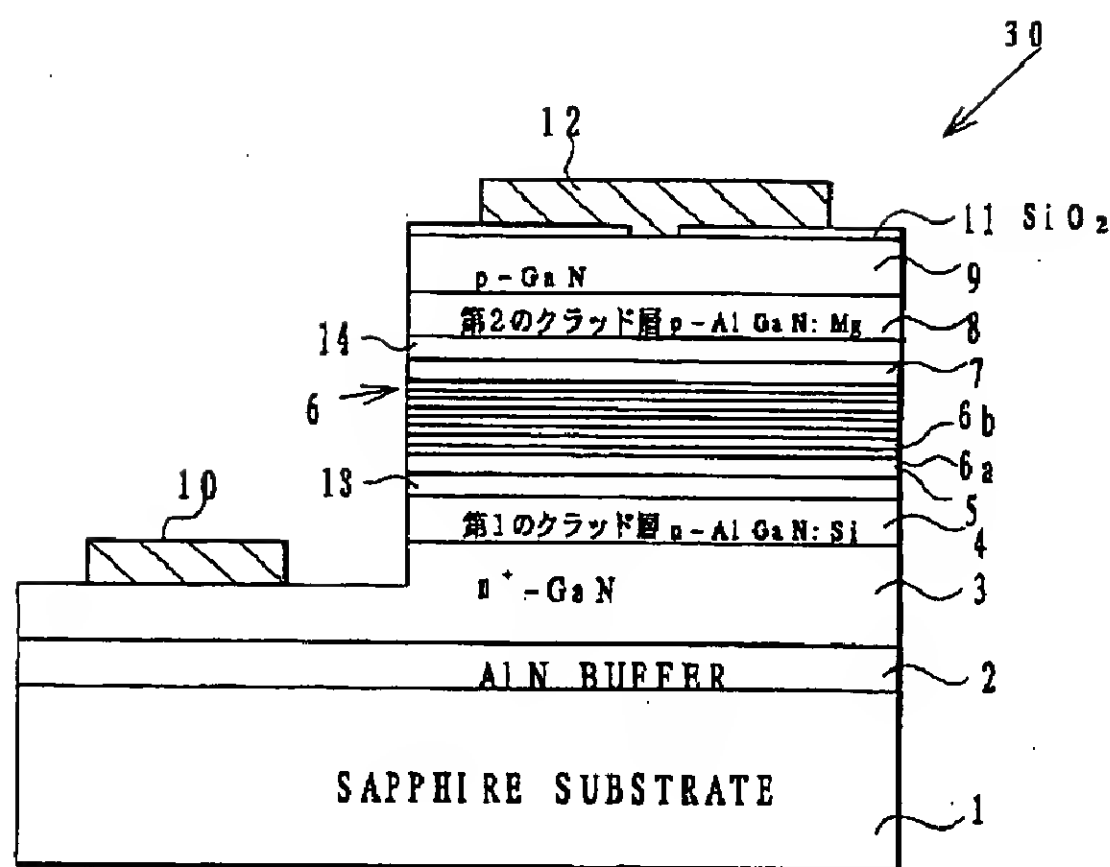
【図7】



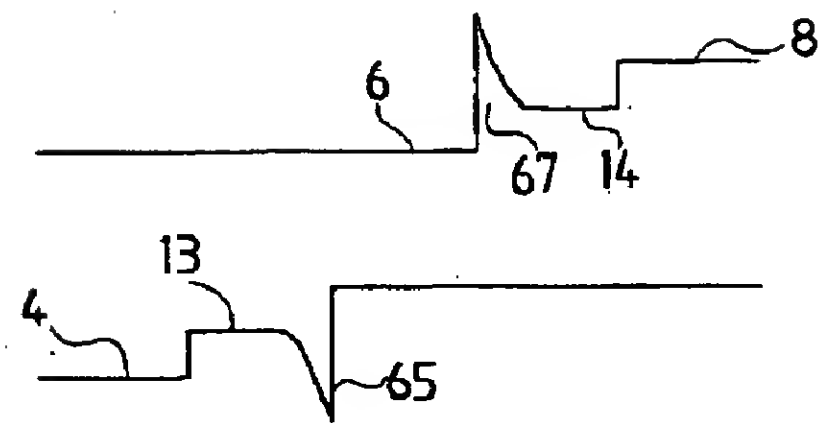
【図8】



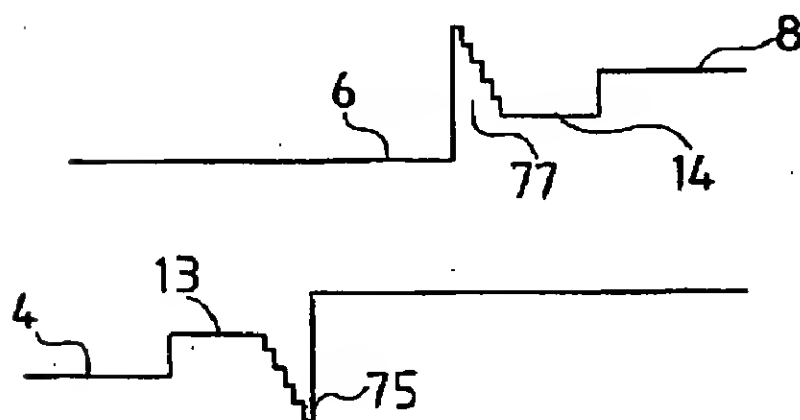
【図9】



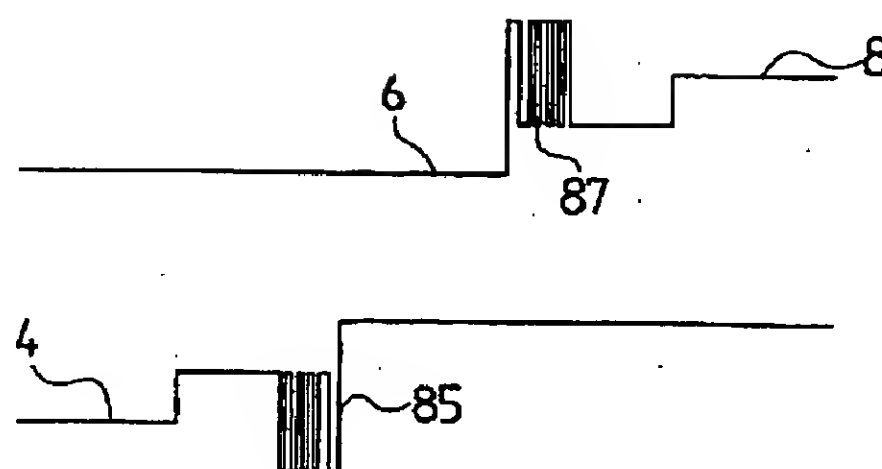
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(71)出願人 396020800  
 科学技術振興事業団  
 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
 (72)発明者 小池 正好  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内  
 (72)発明者 永井 誠二  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 山崎 史郎  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内  
 (72)発明者 平松 敏夫  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
 番地 豊田合成株式会社内  
 (72)発明者 赤崎 勇  
 愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-  
 805  
 (72)発明者 天野 浩  
 愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104  
 宝マンション山の手508号